

Взаимосвязь реологических и сурфактантных свойств сыворотки крови у больных псориазом с кожным и суставным синдромами

Делятин О. В.

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РЕОЛОГІЧНИХ ТА СУРФАКТАНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИРОВАТКИ КРОВІ У ХВОРИХ НА ПСОРІАЗ ЗІ ШКІРНИМ І СУГЛОБОВИМ СИНДРОМАМИ

Делятин О.В.

Зміни реологічних властивостей крові у хворих на псориаз виявляються підвищенням показників поверхневої пружності, об'ємної в'язкості та інтегральної кутової в'язкопружності на тлі зменшення кута нахилу тензіореограм, взаємопов'язані з інтегральними змінами сурфактантної системи крові та їх складових (загальний білок, альбуміни, фібриноген, фібрoneктин, С-реактивний протеїн, β_2 -мікроглобулін, імуноглобулін-*G*, загальні ліпіди, холестерин, тригліцериди, ліпопротеїди низької густини, аполіпопротеїди-*B*), показники яких залежать від форми шкірного псориазу, наявності тендовагінітів, ступеня активності захворювання та характеру суглобового синдрому, причому за показниками об'ємної в'язкості та кута нахилу тензіореограм можна встановлювати дисбаланс протеїно-ліпідного сурфактантного комплексу в організмі такої категорії пацієнтів.

INTERRELATION OF RHEOLOGIC AND SURFACTANT PROPERTIES OF BLOOD SERUM IN PSORIATIC PATIENTS WITH DERMAL AND ARTICULAR SYNDROMES

Delyatin O.V.

Changes of rheologic properties in psoriatic patients' blood become apparent with increase of superficial elasticity indices, volume viscosity and integral angular viscoelasticity against the background of lessening the tensorheogram inclination angle, they are interrelated with integral changes of the blood surfactant system and their components (whole protein, albumins, fibrinogen, fibronectin, C-reactive protein, β_2 -mikroglobulin, immunoglobulin-G, total lipids, cholesterol, triglycerides, lipoproteides of low density, apolipoproteides-*B*). Their indices depend on the dermal psoriasis form, the presence of tendovaginitis, the degree of the disease activity and the character of articular syndrome, and according to volume viscosity indices and tensorheogram inclination angle one can establish the proteinolipid surfactant complex imbalance in the organism of such a category of patients.

Введение. Псориазу свойственны выраженные нарушения сосудистой микроциркуляции в виде изменений интравазальной текучести цельной крови [3, 17], на степень которых оказывает влияние тяжесть структурных повреждений капиллярной сети [5]. Следует подчеркнуть, что помимо вязкозных, при псориазе нарушаются и вязкоэластичные свойства эритроцитарно-тромбоцитарного звена реологических свойств крови (РСК) [4, 11], состояние которых определяют взаимоотношения концентрации поверхностно-активных веществ (сурфактантов) [6, 14]. Малые концентрации сурфактантов существенно влияют на дилатационные реологические характеристики сы-

вороточного альбумина (АБ) [9], а повышение вязкости плазмы крови у больных псориазом коррелирует с уровнем в сыворотке фибриногена (ФГ) [8].

У здоровых людей плазменное звено РСК определяется уровнями в данной биологической жидкости таких белков, как АБ, ФГ, фибронектин (ФН), С-реактивный протеин (СРП), β_2 -микроглобулин (МГ) и иммуноглобулин-*G* (ИГ) [1, 15, 20], а также содержанием липидов – холестерина (ХС), триглицеридов (ТГ), липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), аполипопротеидов (апо) *B* [10, 13, 16]. Эти данные были подтверждены на крысах линии *Wistar* [18, 19].

Изучение реологических характеристик сы-

воротки крови при псориазе не проводилось и, естественно, не была оценена связь этих параметров с протеино-липидным сурфактантным комплексом у такой категории больных. Эти вопросы в рамках кожной и суставной патологии при псориазе стали целью и задачами данного исследования.

Материал и методы. Под наблюдением находились 76 больных псориазом с поражением суставов в возрасте от 19 до 68 лет (в среднем $41,5 \pm 1,09$ года), среди которых было 40,8 % мужчин и 59,2 % женщин. У 93,4 % обследованных больных констатирована непустулезная форма псориаза (у 61,8 % – вульгарная и у 31,6 % – инфильтративно-бляшечная), а у 6,6 % – пустулезная (экссудативная). Онихопатия обнаружена в 76,3 % наблюдений, отягощенная по псориазу наследственность констатирована в 13,2 % случаев. У обследованных пациентов длительность псориатической болезни составила от 1 года до 40 лет (в среднем $11,5 \pm 1,04$ года); заболевание дебютировало:

- с кожного синдрома – у 75 % больных;
- с суставного – у 14,5 %;
- с кожно-суставного – у 10,5 %

В 30,3 % случаев установлен олигоартрит, а в 69,7 % – полиартрит; отмечены следующие:

а) степени активности артритов:

- I – в 40,8 % случаев;
- II – в 39,5 %;
- III – в 19,7 %;

б) рентгенологические стадии заболевания:

- I – в 67,1 % случаев;
- II – в 13,2 %;

- III – в 15,9 %;
- IV – в 4,0 % случаев.

Тендовагиниты и энтезопатии соответственно установлены у 22,4 % и 23,7 % обследованных больных.

Всем пациентам выполняли рентгенологическое (аппарат “Multix-Compact-Siemens”, ФРГ) и ультразвуковое (“Envisor-Philips”, Нидерланды) исследование периферических суставов, крестцовоподвздошных сочленений и позвоночника. Используя биохимические анализаторы “BS-200” (КНР) и “Olympus-AU-640” (Япония), в сыворотке крови изучали показатели общего белка (ОБ), АБ, ФГ, СРП, МГ, ИГ, общих липидов (ОЛ), ХС, ТГ, ЛПНП, апо-В. Иммуноферментным методом в плазме крови изучали уровень ФН (ридер “PR2100 Sanofi diagnostic pasteur”, Франция; набор “ProCon”, РФ). С помощью ротационного вискозиметра “Low Shear-30” (Швейцария) исследовали объемную вязкость сыворотки крови (η), межфазную тензиореометрию которой проводили с использованием компьютерных приборов “ADSA-Toronto” (Италия-ФРГ-Канада) и “PAT2-Sinterface” (ФРГ). Изучали поверхностные упругость (ρ) и вязкость (μ), модуль вязкоэластичности (ϵ), время релаксации (τ), угловой коэффициент истинной вязкоупругости (κ), интегральную угловую вязкоупругость (ψ) и равновесное (статическое) поверхностное натяжение (ν). Подсчитывали угол наклона (λ) и фазовый угол (ϕ) тензиореограмм, а также их соотношение ζ , определяли протеино-липидный сурфактантный коэффициент G , определяли по формуле:

$$G = 1/12 (\text{ОБ} + \text{АБ} + 10 \times \text{ФГ} + 20 \times \text{ФН} + 5 \times \text{СРП} + 10 \times \text{МГ} + \text{ИГ} + 10 \times \text{ОЛ} + 5 \times \text{ХС} + 5 \times \text{ТГ} + 5 \times \text{ЛПНП} + 10 \times \text{апоВ}),$$

где 12 – число показателей (все показатели переводили в г/л). Сурфактантно-адсорбционный индекс Q высчитывали как произведение G на интегральный адсорбционный коэффициент δ , определяемый по формуле:

$$\delta = (\epsilon\phi)/(\nu\lambda).$$

Кроме того, высчитывали интегральную степень изменений показателей РСК у каждого больного по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(M_1 - M_2)}{\sigma} \right]^2},$$

где S – интегральная степень изменений показателей у больного (о. е.);

M_1 – показатель у больного;

M_2 – средний показатель у здоровых;

σ – среднее квадратическое отклонение у здоровых;

n – число критериев.

Статистическая обработка полученных результатов исследований проведена на компьютере с помощью вариационного, корреляционного, одно- (ANOVA) и многофакторного (ANOVA/MANOVA) дисперсионного анализа (лицензионные программы “Microsoft Excel” и “Statistica-Stat-Soft”, США). Оценивали средние значения (M), их ошибки (m), среднее квадратические отклонения (σ), коэффициенты

корреляции (r), критерии дисперсии (D), Стьюдента (t), Уилкоксона-Рао (WR), Фишера (χ^2) и достоверность статистических показателей (p).

Результаты и их обсуждение. У обследованных больных псориазом получены следующие значения показателей:

$$\begin{aligned}\rho &= 46,6 \pm 0,74 \text{ мН/м;} \\ \mu &= 15,6 \pm 0,38 \text{ мН/м;} \\ \eta &= 2,3 \pm 0,07 \text{ мПа}\cdot\text{с;} \\ \varepsilon &= 22,6 \pm 1,01 \text{ мН/м;} \\ \tau &= 110,7 \pm 3,46 \text{ с;} \\ \kappa &= 21,6 \pm 0,63 \text{ град;} \\ \psi &= 5,2 \pm 0,64 \text{ о. е.;} \\ \lambda &= 14,9 \pm 0,43 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{1/2}; \\ \varphi &= 162,0 \pm 8,12 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{1/2}; \\ \zeta &= 12,7 \pm 0,91 \%; \\ \delta &= 8,2 \pm 1,04 \text{ о. е.}\end{aligned}$$

По сравнению со здоровыми людьми контрольной группы наблюдается достоверное повышение:

- ρ – на 9 %;
- η – на 77 %;
- ψ – на 75%, –

при уменьшении λ на 16% . Всего нарушения РСК ($S > 2$ о.е.) обнаруживаются у 61 % обследованных больных, а так же отмечаются изменения параметров (более или менее $M \pm m$ здоровых):

- ρ – в 24 % наблюдений;
- μ – в 30 %;
- η – в 96 %;
- ε – в 24 %;
- τ – в 25 %;
- κ – в 38 %;
- ψ – в 37 %;
- λ – в 26 %;
- φ – в 28 %;
- ζ – в 15 %;
- δ – в 26 % наблюдений.

По данным многофакторного дисперсионного анализа, на интегральное состояние сурфактантных свойств крови (ССК) влияют:

- степень активности псориазического артрита (ПА) (но не длительность патологического процесса);
- наследственная предрасположенность к болезни;
- кожная форма псориаза;
- распространенность и стадия суставного синдрома;
- наличие онихопатии, сакроилеита, спондилопатии, тендовагинитов и энтезопатий;

- частота поражения отдельных периферических суставов.

Однофакторный дисперсионный анализ свидетельствует о достоверном воздействии активности ПА на уровни в крови ОБ, ФГ, СРП и МГ. Помимо сказанного, содержание:

- АБ определяет форма кожного псориаза;
- ФГ – наличие спондилопатии;
- ИГ – возраст больных;
- ОЛ и ХС – появление тендовагинитов.

С возрастом больных ПА достоверно повышаются показатели в крови ХС, ЛПНП и апоВ. Степень активности заболевания прямо коррелирует с параметрами ФН, СРП, МГ и ИГ, а обратно соотносится с содержанием ОБ.

На интегральное состояние ССК оказывает достоверное воздействие наличие у больных остеофитоза, что отражает проявления вторичного остеоартроза, а на параметр G (интегральный индивидуальный показатель тяжести изменений ССК) – развитие остеокистоза. Необходимо отметить, что G прямо зависит от степени активности ПА, но не рентгенологической стадии суставного синдрома; показатели G составляют

- при I степени активности ПА – $29,5 \pm 0,46$ о.е.;
- при II степени – $29,6 \pm 0,55$ о. е.;
- при III степени – $33,1 \pm 1,14$ о. е.

По нашему мнению, параметры $G > 34$ о.е. ($> M \pm m$ больных) свидетельствуют о высокой степени активности артропатии, что имеет определенное практическое значение. Необходимо отметить, что значения G составляют:

- у больных с вульгарной формой псориаза – $30,0 \pm 0,48$ о.е.;
- при инфильтративно-бляшечной – $30,6 \pm 0,80$ о.е.;
- при экссудативной – $30,4 \pm 0,92$ о.е.

Показатели G достоверно зависят от поражения верхнечелюстных и плюснефаланговых суставов.

По данным *ANOVA/MANOVA*, на интегральное состояние ССК достоверно влияет S , а G определяет интегральные параметры РСК. Существует прямая корреляционная взаимосвязь параметров S и G . Как видно из табл. 1, S оказывает воздействие на уровни в крови ФГ, СРП, ОЛ, ХС, ТГ, ЛПНП и апоВ, о чем свидетельствует однофакторный дисперсионный анализ. В свою очередь, на значения S существенно влияют показатели ФГ, СРП, ОЛ, ХС и ЛПНП, а с параметрами S прямо коррелируют концентрации в крови ФГ, СРП, ОЛ, ХС, ЛПНП и апоВ.

Таблица 1 - Взаимосвязь показателей S и ССК у больных псориазом

Показатели ССК	Влияние S на показатели ССК		Корреляции S с показателями ССК		Влияние показателей ССК на S	
	D	$p D$	r	$p r$	D	$p D$
ОБ	0,82	0,696	- 0,123	0,289	0,48	0,821
АБ	0,84	0,612	+ 0,082	0,479	0,47	0,827
ФГ	7,47	< 0,001	+ 0,476	< 0,001	4,52	0,001
ФН	1,73	0,159	+ 0,020	0,863	1,68	0,138
СРП	1,95	0,042	+ 0,454	< 0,001	3,06	0,010
МГ	0,45	0,770	+ 0,157	0,177	0,87	0,523
ИГ	1,02	0,437	+ 0,191	0,098	0,73	0,625
ОЛ	5,27	0,002	+ 0,258	0,024	4,54	0,001
ХС	4,53	0,001	+ 0,353	0,002	5,00	< 0,001
ТГ	4,90	0,002	- 0,080	0,494	1,50	0,192
ЛПНП	6,71	< 0,001	+ 0,337	0,003	4,09	0,001
АпоВ	4,67	0,012	+ 0,336	0,003	2,19	0,054

Таким образом, интегральная тяжесть изменений РСК четко связана с ССК, в частности, с уровнями в сыворотке провоспалительных белков (ФГ, СРП) и атерогенных липидов (ОЛ, ХС, ЛПНП).

По результатам *ANOVA*, на показатели достоверно влияют:

- на ρ – уровни в крови МГ и ОЛ;
- на μ – ОБ и АБ;
- на η – ФГ, ФН, СРП, ХС и ЛПНП;
- на ε – только ХС;
- на λ – СРП, ХС и ЛПНП;
- на ζ – ХС и ЛПНП;
- на δ – апоВ.

Больше всего достоверных корреляционных связей касается показателя η . Так, у больных псориазом установлены прямые взаимоотношения η с концентрациями ФГ, СРП, ИГ, ХС, ЛПНП и апоВ. Кроме того, обратно коррелирует:

- содержание ОЛ – с ρ ;
- ХС – с λ и ζ ;
- ТГ и ЛПНП – только с λ .

По данным многофакторного дисперсионного анализа, на интегральное состояние ССК оказывают достоверное воздействие показатели η и λ , что представлено в табл. 2.

В свою очередь, как свидетельствует однофакторный дисперсионный анализ, параметры G зависят от ρ , η , ε , λ , ϕ , ζ и δ . Нами установлено, что значения показателей $\eta > 3$ мПа \times с и $\lambda < 11$ мН \times м $^{-1}\times$ с $^{1/2}$ (больше или меньше $M \pm m$ больных) указывают на нарушения протеино-липидного сурфактантного (поверхностно-активного) комплекса у больных псориазом.

В случаях изменений РСК (табл. 3) достоверно возрастают показатели в крови:

- ФГ – на 28 %;
- СРП – на 52 %;
- G – на 7 %,

при уменьшении на 23 % параметров апоВ.

Таблица 2 - Связь показателей РСК и ССК у больных псориазом

Показатели РСК	Характер связи			
	Влияние параметров РСК на интегральные показатели ССК		Влияние параметров G на отдельные показатели РСК	
	WR	$p WR$	D	$p D$
ρ	0,93	0,526	2,17	0,022
μ	0,44	0,943	0,89	0,564
η	2,10	0,030	2,34	0,013
ε	0,72	0,724	2,17	0,022
τ	1,07	0,401	1,14	0,347
κ	0,59	0,846	0,79	0,673
ψ	1,69	0,090	1,02	0,444
λ	2,16	0,025	3,03	0,002
ϕ	0,86	0,591	3,86	< 0,001
ζ	1,33	0,223	1,92	0,045
δ	1,08	0,395	5,83	< 0,001

С учетом полученных результатов исследования можно сделать следующее заключение: показатели $G > 34$ о.е. ($> M \pm m$ больных) указывают на нарушения у больных псориазом РСК.

Необходимо дать некоторые комментарии, касающиеся полученных данных. Известно, что вискозные свойства крови при псориазической болезни в первую очередь определяет уровень атерогенных липидов (ХС, ТГ, ЛПНП, апоВ) [2]. ПА тесно связан с развитием гиперлипидемии в виде увеличения в крови уровней ХС и ЛПНП,

Таблица 3 - Показатели ССК у больных псориазом с нормальными и измененными РСК ($M \pm m$)

Показатели	Размерность	РСК		Отличия	
		Нормальные ($n = 30$)	Измененные ($n = 46$)	t	p
ОБ	г/л	72,8±1,25	71,7±1,07	0,68	0,501
АБ	г/л	34,9±0,67	35,2±0,51	0,40	0,691
ФГ	г/л	4,0±0,15	5,1±0,22	3,51	0,001
ФН	мкг/мл	863,1±13,14	844,5±13,95	0,92	0,362
СРП	мг/л	4,8±0,43	7,3±0,67	2,81	0,006
МГ	мг/л	2,2±0,11	2,4±0,09	1,21	0,231
ИГ	ммоль/л	13,5±0,31	14,2±0,30	1,63	0,107
ОЛ	г/л	5,5±0,11	5,7±0,10	0,84	0,404
ХС	ммоль/л	5,6±0,23	6,0±0,22	1,19	0,238
ТГ	ммоль/л	2,7±0,17	2,4±0,15	1,27	0,207
ЛПНП	ммоль/л	3,6±0,21	4,0±0,22	1,19	0,238
АпоВ	г/л	1,3±0,09	1,0±0,05	2,71	0,008
G	о.е.	29,1±0,44	31,0±0,56	2,36	0,021

что вызывает у таких больных более высокую, чем в популяции, частоту развития васкулярной патологии, связанной с атеросклеротическим процессом [7, 12]. Медиаторы воспаления при ПА стимулируют липолиз в периферических

тканях, синтез жирных кислот и ТГ в печени, подавляют активность эндотелиальной липопротеидлипазы, ответственной за катаболизм ЛПНП. Это приводит к формированию при псориазе проатерогенного липидного профиля.

Выводы

1. Изменения РСК наблюдаются у 61 % больных псориазом, что проявляется повышением показателей поверхностной упругости, объемной вязкости и интегральной угловой вязкоупругости на фоне уменьшения угла наклона тензиореограмм.

2. Нарушения РСК у больных псориазом взаимосвязаны с интегральными изменениями ССК и их составляющих (ОБ, АБ, ФГ, ФН, СРП, МГ, ИГ, ОЛ, ХС, ТГ, ЛПНП, апоВ), показатели которых зависят от формы кожного псориаза, наличия тендовагинитов, степени активности заболевания и характера суставного синдрома, причем сдвиги параметров РСК сопровождаются

высокими значениями ФГ, СРП и G на фоне уменьшения в сыворотке концентрации апоВ, а по показателям объемной вязкости и угла наклона тензиореограмм можно устанавливать дисбаланс протеино-липидного сурфактантного комплекса в организме такой категории пациентов.

3. Представленные данные открывают новые звенья патогенеза псориаза, причем исследование параметров РСК и ССК в перспективе будет полезным для оценки характера и тяжести кожного и суставного патологического процесса, прогнозирования его течения, контроля за эффективностью проводимых лечебных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ariola F. S. Interfacial rheology of blood proteins adsorbed to the aqueous-buffer/air interface / F. S. Ariola, A. Krishnan, E. A. Vogler // *Biomaterials*. - 2006. - Vol. 27, No 18. - P. 3404 - 3412.
2. Fang J. Y. Lipid nanoparticles as vehicles for topical psoralen delivery: solid lipid nanoparticles (SLN) versus nanostructured lipid carriers (NLC) / J. Y. Fang, C. L. Fang, C. Y. Liu // *Eur. J. Pharm. Biopharm.* - 2008. - Vol. 70, No 2. - P. 633 - 640.
3. Gallucci F. Indications and results of videocapillaroscopy in clinical practice / F. Gallucci, R. Russo, R. Buono // *Adv. Med. Sci.* - 2008. - Vol. 53, No 2. - P. 149 - 157.
4. Goirnicki A. Changes in erythrocyte microrheology in patients with psoriasis / A. Goirnicki // *Clin. Exp. Dermatol.* - 2007. - Vol. 29, No 1. - P. 67 - 70.
5. Hern S. In vivo quantification of microvessels in clinically uninvolved psoriatic skin and in nor-

- mal skin / S. Hern, P. S. Mortimer // Br. J. Dermatol. - 2007. - Vol. 156, No 6. - P. 1224 - 1229.
6. *Koos E.* Capillary forces in suspension rheology / E. Koos, N. Willenbacher // Science. - 2011. - Vol. 331, No 6019. - P. 897 - 900.
7. *Kuhn A.* Use of methotrexate in patients with psoriasis / A. Kuhn, V. Ruland, N. Patsinakis // Clin. Exp. Rheumatol. - 2010. - Vol. 28, No 5. - P. 138 - 144.
8. *Liu H.* A clinical study on treatment of senile psoriasis by replenishing qi to activate blood – a report of 40 cases / H. Liu, Q. Tan, H. Liu // J. Tradit. Chin. Med. - 2009. - Vol. 24, No 3. - P. 204 - 207.
9. *Lucassen-Reynders E. H.* Dilational rheology of protein films adsorbed at fluid interfaces / E. H. Lucassen-Reynders, J. Benjamins, V. B. Fainerman // Curr. Op. Coll. Interf. Sci. - 2010. - Vol. 15. - P. 264 – 270.
10. *Machida T.* Blood rheology and the low-density lipoprotein cholesterol/high-density lipoprotein cholesterol ratio in dyslipidaemic and normolipidaemic subjects / T. Machida, H. Sumino, M. Fukushima // J. Int. Med. Res. - 2010. - Vol. 38, No 6. - P. 1975 - 1984.
11. *Marty J. P.* Rheological properties of three different vitamin D ointments and their clinical perception by patients with mild to moderate psoriasis / J. P. Marty, C. Lafforgue, J. L. Grossiord // J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol. - 2005. - Vol. 19, suppl.3. - P. 7 - 10.
12. *Mazlan S. A.* A study of intima media thickness and their cardiovascular risk factors in patients with psoriatic arthritis / S. A. Mazlan, V. S. bin Mohamed Said, H. Hussein // Acta Medica. - 2009. - Vol. 52, No 3. - P. 107 - 116.
13. *Nara M.* Impaired blood rheology and elevated remnant-like lipoprotein particle cholesterol in hypercholesterolaemic subjects / N. Nara, H. Sumino, M. Nara // J. Int. Med. Res. - 2009. - Vol. 37, No 2. - P. 308 - 317.
14. *Noskov B. A.* Dilational surface visco-elasticity of polyelectrolyte/surfactant solutions: Formation of heterogeneous adsorption layers / B. A. Noskov, G. Loglio, R. Miller // Adv. Colloid. Interface Sci. - 2011. - Vol. 163, No 3. - P. 50 - 55.
15. *Parhi P.* Volumetric interpretation of protein adsorption: Capacity scaling with adsorbate molecular weight and adsorbent surface energy / P. Parhi, A. Golas, N. Barnthip // Biomaterials. - 2009. - Vol. 30, No 36. - P. 6814 - 6824.
16. *Park Y. J.* Effect of a PEGylated lipid on the dispersion stability and dynamic surface tension of aqueous DPPC and on the interactions with albumin / Y. J. Park, E. I. Franses // Langmuir. - 2010. - Vol. 26, No 10. - P. 6932 - 6942.
17. *Qin J.* In vivo volumetric imaging of microcirculation within human skin under psoriatic conditions using optical microangiography / J. Qin, J. Jiang, L. An // Lasers Surg. Med. - 2011. - Vol. 43, No 2. - P. 122 - 129.
18. *Tai C. J.* Differential effect of high dietary fat intakes on haemorheological parameters in rats / C. J. Tai, C. Y. Chen, H. H. Chen // Br. J. Nutr. - 2010. - Vol. 103, No 7. - P. 977 - 983.
19. *Yang Y. B.* Effects of n-3 polyunsaturated fatty acids on hemorheology and coagulation in atherosclerotic rats / Y. B. Yang, P. Li, M. L. Liu // Zhonghua Yi Xue Za Zhi. - 2010. - Vol. 90, No 28. - P. 2004 - 2007.
20. *Zhang W.* A method of printing uniform protein lines by using flat PDMS stamps / W. Zhang, C. Y. Xue, K. L. Yang // J. Colloid Interface Sci. - 2011. - Vol. 353, No 1. - P. 143 - 148.